

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06259103 A**

(43) Date of publication of application: 16 . 09 . 94

(51) Int. Cl

**G05B 13/02**(21) Application number: **05045447**

(22) Date of filing: 05 . 03 . 93

(71) Applicant:

**HITACHI LTD HITACHI INF &  
CONTROL SYST INC**

(72) Inventor:

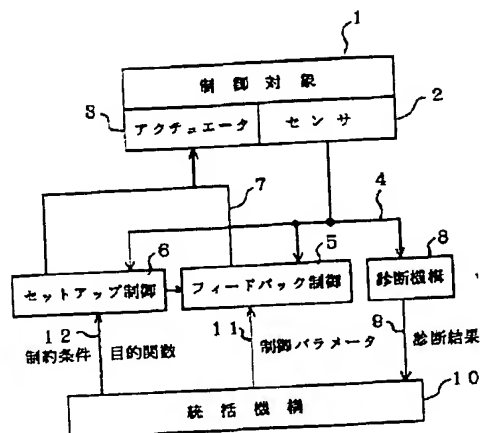
**SAITO YUTAKA  
HATTORI SATORU  
NAKAJIMA MASAOKI  
KATAYAMA YASUNORI  
YOSHIOKA KENICHI  
WATABIKI TAKASHIGE  
OKADA TAKASHI**(54) **ADAPTIVE CONTROL METHOD/DEVICE**

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To always control a controlled system having the large time fluctuation of its control characteristic in an optimum control system and with an optimum control constant.

**CONSTITUTION:** The state of a controlled system 1 is diagnosed by a diagnostic mechanism 8 based on the state value of the system 1 detected by a sensor 2. Based on this diagnostic result, a generalization mechanism 10 sets a control model, the target value, a control parameter, etc., to a set-up control mechanism 6 and a feedback control mechanism 5. Thus these control mechanism drive an actuator 3 to control the system 1. In such a constitution, the system 1 is controlled by an optimum control model and an optimum control parameter accordant with the state of the system 1. Then the control performance is improved and also the damage of equipment can be reduced.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&amp;Japio



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-259103

(43)公開日 平成 6 年(1994) 9 月16日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 B 13/02	A	9131-3H		
	B	9131-3H		
	L	9131-3H		
	M	9131-3H		

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願平5-45447

(22)出願日 平成 5 年(1993) 3 月 5 日

(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(71)出願人 000153443  
株式会社日立情報制御システム  
茨城県日立市大みか町 5 丁目 2 番 1 号

(72)発明者 斉藤 裕  
茨城県日立市大みか町五丁目 2 番 1 号 株  
式会社日立製作所大みか工場内

(72)発明者 服部 哲  
茨城県日立市大みか町五丁目 2 番 1 号 株  
式会社日立製作所大みか工場内

(74)代理人 弁理士 高崎 芳紘

最終頁に続く

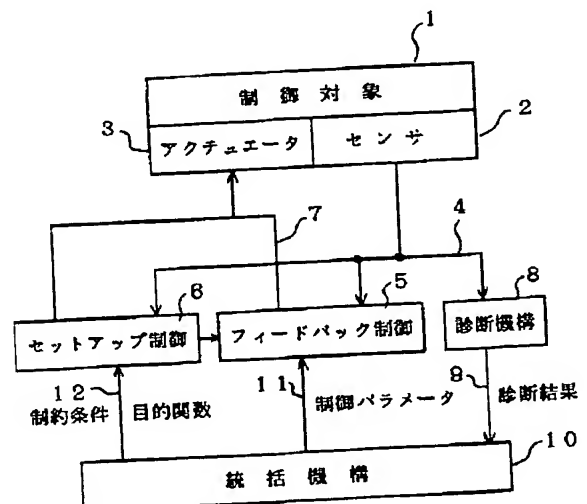
(54)【発明の名称】 適応制御方法、適応制御装置

(57)【要約】

【目的】 制御特性の時間変動が大きい制御対象を、常に最適な制御方式及び制御定数をもって制御する。

【構成】 センサ 2 で検出した制御対象 1 の状態量から制御対象 1 の状態を診断機構 8 で診断し、その結果に応じて統括機構 10 が制御モデルや目標値、制御パラメータなどをセットアップ制御機構 6 及びフィードバック制御機構 5 に設定し、この結果得られた制御機構によりアクチュエータ 3 を駆動して制御対象 1 を制御する。

【効果】 制御対象の状態に応じた最適な制御モデル及び制御パラメータなどで制御できるから、制御性能が向上するとともに、機器の損傷を低減できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 制御対象の状態量をその目標値に一致するようにフィードバック制御する制御方法において、センサにより検出された制御対象の状態量から制御対象の状態量を診断し、この診断結果に応じて、フィードバックによる制御方式及び目標値を含むパラメータを変更することを特徴とする適応制御方法。

【請求項2】 センサにより検出された制御対象の状態量から制御対象の状態を診断する診断手段と、上記制御対象の状態量をその目標値に一致するように制御するフィードバック制御手段とを備え、上記診断手段による診断結果に応じて上記フィードバック制御手段の制御方式及び目標値を含むパラメータを変更することを特徴とする適応制御方法。

【請求項3】 前記制御方式は、直結フィードバック制御、最適サーボ制御、最適予見サーボ制御、比例積分制御、及び比例積分微分制御を含むことを特徴とする請求項1又は2記載の適応制御方法。

【請求項4】 センサにより検出された制御対象の状態量から制御対象の状態を診断する診断手段と、上記制御対象の状態量をその目標値に一致するように制御するフィードバック制御手段と、上記診断手段による診断結果に応じて上記フィードバック制御手段の制御方式及び目標値を含むパラメータを変更する統括制御手段とを備えたことを特徴とする適応制御装置。

【請求項5】 前記診断手段は、制御対象の状態量検出値からその今後の予測値を予測するためのニューラルネットワークを有し、該ニューラルネットワークの出力を用いて制御対象の状態を診断することを特徴とする請求項4記載の適応制御装置。

【請求項6】 前記診断手段は、前記制御対象の状態量検出値と前記ニューラルネットワークによる予測値とを用いて制御対象の状態を推論するための推論機構及び知識ベースを有することを特徴とする請求項5記載の適応制御装置。

【請求項7】 前記推論機構は、プロダクション推論機構、フレーム推論機構、及びファジィ推論機構の1つまたは複数を含むことを特徴とする請求項6記載の適応制御装置。

【請求項8】 前記制御方式は、直結フィードバック制御、最適サーボ制御、最適予見サーボ制御、比例積分制御、及び比例積分微分制御を含むことを特徴とする請求項4記載の適応制御装置。

【請求項9】 上記制御対象は板厚一定制御を行う圧延機とする請求項4記載の適応制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は適応制御方法及びその装置に関わり、特に圧延機における非圧延材の板厚一定制御のような、その特性が大きく変動する制御対象の制御

に好適な適応制御方法及びその装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】圧延機における被圧延材の板厚一定制御では、たとえば長時間の運転時間中に非圧延材の温度が大きく変化し、その物理定数の変化のために圧延特性が大きく変わる。このような特性の時間的変動の大きい制御系では、圧延特性をそのままモデル化すると非線形微分方程式で表される。このような制御対象の微分方程式を非線形のままで解いて制御する方法はないので、従来は制御対象の時間的変化分を無視して微分方程式の定常解を解くようにして、動作点を決定し、その近傍で制御対象を線形近似して制御量が動作点に落ちつくようにフィードバック制御を行っていた。このような制御方法は一般にセットポイント制御と呼ばれ、特に圧延機分野ではセットアップ制御と呼ばれている。

【0003】セットポイント制御においては、制御対象の特性が時間の経過につれて変化したとき、改めて動作点を定め、それに応じた最適な線形制御系を実現する必要がある。これをニューラルネットワークを用いて自動的に行えるようにした従来例に特開平2-308303号、特開平3-25601号、特開平3-118606号に示されたものがある。これらはいずれも、制御対象の状態量や設定された制御目標値（動作点）を入力としたニューラルネットワークあるいは推論機構により制御対象の状態をチェックし、線形化した制御系のパラメータや目標値をそのチェックの結果に応じて設定できるようにしたものであり、制御対象の状態に適した制御が行える。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来技術では、制御アルゴリズムあるいは制御方式は予め決まったもので一定であり、制御対象の状態変化に対してはその制御アルゴリズムあるいは制御方式のパラメータを最適化するというものであった。ところが例えば圧延機において、加減速を実施している場合は指令に追従できるサーボ系が適切で、定常状態では指令が変化しないので外乱除去能力の大きいレギュレータ系が望ましい。しかし従来技術では、このような制御方式の変更は行われておらず、行うとしてもその変更は機構が複雑になり、容易ではなかった。

【0005】本発明の目的は、制御特性の時間変動が大きく、非線形性の強い対象の制御を常に最適な制御方式及び制御定数でもって制御するための適応制御方法及びその装置を提供するにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、センサにより検出された制御対象の状態量から制御対象の状態を診断する診断手段と、上記制御対象の状態量をその目標値に一致するように制御するフィードバック制御手段とを備え、上記診断手段による診断結果に応じて上記フィ

ードバック制御手段の制御方式及び目標値を含むパラメータを変更することにより達成される。

【0007】

【作用】診断手段にニューラルネットワーク及び推論機構を設けることで、制御対象の動作状態を正確に把握できるから、その結果に応じて制御方式、目標値及びその他の制御パラメータを最適に自動設定できる。

【0008】

【実施例】以下、本発明を実施例により詳細に説明する。図1は本発明の適応制御装置の一実施例を示すブロック図で、圧延機のような非線形性の強い制御対象1には、動作状態を検出するセンサ2と、外部からの指令で動作状態を変化させるアクチュエータ3が設置され、センサ2の出力である状態量4はセットアップ制御機構6、フィードバック制御機構5及び診断機構8へ入力される。診断機構8は診断結果9を統括機構10へ出力する。統括機構10は診断結果9をもとにセットアップ制御機構6に制約条件や目的関数12を与え、フィードバック制御機構5には制御方式の変更や制御パラメータ11などを与える。

【0009】図2は、図1の制御対象1が圧延機の場合の概要を示したもので、対向する1組のロール13の間隙を制御するための油圧圧下装置15により発生する圧延荷重と、ロール13の軸に直結された電動機16の速度を変化させることにより変化する張力とが被圧延材14に加えられて、被圧延材は所定の板厚に制御される。これら油圧圧下装置15と電動機16が図1のアクチュエータ3に対応し、それらの動作を規定するのが指令7である。

【0010】図1のセンサ2は、図2の電動機16の軸に直結されて、電動機16の速度を検出するパルスジェネレータ(PG)17、被圧延材14の板厚を計測する板厚計18、被圧延材14の張力を計測する張力計19、及びロール13に取り付けられ前記荷重を検出する荷重計20に対応し、それらの出力が図1の状態量4である。

【0011】図3は診断機構8の一実施例を示すブロック図で、センサ2の出力である状態量4の一部は、ニューラルネットワーク21に入力され、予測状態または特徴量22が出力される。これと状態量4のそれ自身として意味を持つデータとは、推論機構23に入力される。推論機構23は、知識ベース24を用いて推論を実行し、その診断結果9は統括機構10に入力される。

【0012】図4は、推論機構23及び知識ベース24の構成例を示すもので、推論制御機構25は特徴量22と状態量4を受けて、プロダクション推論機構28、フレーム推論機構30、ファジィ推論機構32を起動し、上記受けたデータを推論入力26としてこれら起動した機構へ渡す。プロダクション推論機構28はプロダクションルール29を、フレーム推論機構30はフレーム30

1を、ファジィ推論機構32はファジィルール33を用いて推論を実行し、推論結果27を推論制御機構25へ渡す。

【0013】図5はプロダクションルール29の一例を示すもので、これは断片的な整理されていない知識を記述するのに向いた方法である。そしてプロダクション推論が断片的なルールを整理し結論を導く。そのためのプロダクションルール29は、ルールが起動される条件を示す前件部34と、前件部34の条件が成立したときに成り立つ後件部35からなり、後件部35には、最終結論か中間状態かを示す終端フラグ部36と、後件部に付随して利用される情報であるその他の情報部37が付加されている。

【0014】図6はプロダクション推論機構28の動作を表すフローチャートで、入力をレジスタに格納するステップ110、ルール29を最初から最後まで順番に取り出すステップ120、ルールが取り出せた場合に前記レジスタの内容と取り出したルールの前件部が一致するかを判定するステップ130、一致した場合に結論部が終端か否かを終端フラグ36で判定するステップ140、結論部が終端でない場合に結論部を中間状態としてスタックに積み込むステップ150、ステップ140の判定が終端であった場合に、結論部を取り出し、結論のレジスタに積み込む(プッシュする)ステップ160、複数の結論が必要か否かを判断するステップ170、ステップ120でルールがなくなった場合に起動され、スタックに情報が積まれているか否かを判定するステップ190、ステップ190でスタックに情報が積まれていると判定された場合にスタックの内容を取り出し(ポップする)、それを入力とするステップ210、このステップ210で得られた入力を用い、再起的にプロダクション推論を呼び出すステップ220、及び本プロダクション推論を呼び出した場所へ制御を戻すステップ180から構成される。なお、本推論は縦型探索と呼ばれる方法を述べたが、横型探索という方法がある。これらを組み合わせて結論を導く高速化手法があるが、ここでは本質でないので省略する。

【0015】図7は、フレーム推論30に用いられる知識としてのフレーム31の例を示したもので、このようなフレームは関連のある知識をまとめるのに有効な手段である。フレームは名称51を表す内容52、この名称の実態を表すカテゴリを示す項目53、その内容54と値55から構成される。この例では、圧延機というものは、アクチュエータの項目に電動機及び油圧圧下装置という内容があり、それぞれの値55はポイントであって、これらポイントは、それぞれの詳細が記述されている電動機及び油圧圧下装置のフレームを指している。また、センサのカテゴリでは荷重計、張力計、速度計などがあり、その値55は、例えば荷重計の値1000トンのように、時々刻々リフレッシュされる値である。この

フレームを見れば、圧延機の状態が分かる。

【0016】図8は、フレーム推論30のフローチャートを示すもので、フレームの名称内容が一致するフレームの項目を、順次上から取り出すステップ310、項目と推論入力である調査内容のカテゴリが一致するか否かを判定するステップ320、一致した項目の内容と調査内容とが一致するか否かを判定するステップ330、このステップで一致した項目の値をスタックに積むステップ340、ステップ310で項目がなくなった場合、スタックから情報を取り出すことによりスタックが空か否かを判定するステップ360、スタックの内容がポイントか否かを判定するステップ370、このステップ370の判定結果がポイントならば、未調査の項目などを推論入力として設定するステップ380、本フレーム推論を再帰的に呼び出すステップ390、ステップ370の判定の結果スタックの内容が値であることが分かったと、そのスタックの内容を結論とするステップ400、及び本フレーム推論を呼び出したところに制御を戻すステップ410から構成される。

【0017】図9は、ファジィ推論32で用いるファジィルール33の構成例を示す。ファジィルール33は、定性的な表現の前提条件を表す前件部81、前件部81が成立した時点で成立する結論部82、及び結論に付随するその他の情報部から構成されている。

【0018】図10は、これらファジィルール33を用いて推論を行うファジィ推論32の構成を示す。センサ2からの出力は、ファジィ推論の前件部を処理する前件部処理装置90、該装置90の出力を用い個別ルールの適用できる確信度を求める結論部処理91、及び結論部処理の各結論部の重心を求める結論合成処理92から構成される。前件部処理装置90を構成するメンバーシップ関数器93、97、94、95は、入力信号の大きさに対応して前記ファジィルール33で記述される定性的表現を定量的表現に変えるものであり、例えばメンバーシップ関数器93は“大きい”を表し、入力 $\alpha_1$ がある第1の値以上は確信度を1とするように出力し、他のある第2の値以下は確信度を0とし、上記第1及び第2の値の間は直線で結ぶような関数である。なお、直線で結ぶ以外に、特殊な関数で近似する場合もある。同様なメンバーシップ関数器97は、関数器93と同一入力 $\alpha_1$ が40 入力され、中、低度を表すメンバーシップ関数となる。他の信号 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ が入力されているメンバーシップ関数器94、95の出力と合わせて、メンバーシップ関数器93の出力は、結論処理器96に入力される。いま、関数器93、94が定性的表現を大とする、関数器95は小とすると、結論処理器96に入力されるのは信号 $\alpha_1$ が大で、信号 $\alpha_2$ が大で、信号 $\alpha_3$ が小ならば・・・というもので、結論処理器96はこれに応じた出力を与えるルールと見なせる。結論処理器96の出力値を $\beta_1$ でその重みを $\delta_1$ 、結論処理器98の出力値を $\beta_2$ でそ

の重みを $\delta_2$ 、・・・とする。ここで $\delta_1$ 、 $\delta_2$ ・・・の大きさは、そのルールだけが適用された場合のファジィ推論の出力値である。これら個別ルールの結論を統合して1個の結論を導くのが結論部合成部92である。この演算は

【数1】

$$\delta = (\beta_1 * \delta_1 + \beta_2 * \delta_2 + \dots) / (\beta_1 + \beta_2 + \dots)$$

で表される。

【0019】図3の診断機構8のもう1つの構成要素であるニューラルネットワーク21は、特徴量や情報の予測値を求めるもので、特徴量を求めるニューラルネットワークは従来からよく知られている。一方、予測値を求めるニューラルネットワークの学習は図11のようにして行われる。即ちニューラルネットワークNNの入力部にメモリMを備える。このメモリはシフトレジスタなどで構成されたFIFO形のメモリで、数ステップ前の入力状態が記憶されている。このうち、時間の古い $t_0$ から $t_i$ までをニューラルネットワークの入力、 $t_{i+1}$ から $t_k$ までを教師信号として、誤差が最小になるように逆伝搬アルゴリズムを用い、ニューラルネットワークの荷重係数を決定する。

【0020】図12は、学習が終了したニューラルネットワークの動作を示すもので、センサ出力などの時刻 $t_0 \sim t_i$ の時系列データが入力されているとする（現在の時刻は $t_i$ ）。このときニューラルネットワークNNの出力からは、同図の破線部分で示されるトレンド情報が得られる。

【0021】以上が図1の診断機構8の構成である。次に図13を用いて統括機構10を説明する。統括機構10では、まず診断機構8の出力である診断結果9を管理機構500へ受け取る。管理機構500は、診断結果9の番号毎に、セットアップ制御のモデルとパラメータ、及びフィードバック制御の制御方式を記憶したデータベース501を参照しながら、セットアップ制御に対する制約条件、目的関数、モデル、パラメータなどを出力する。と同時に、フィードバック制御機構5に対しても、制御方式とそれに付随する制御パラメータを出力する。セットアップ制御機構6は、統括機構10より出力された制約条件、目的関数、モデル、パラメータなどを用い、ある動作点でセットアップ計算を実行する。セットアップ計算の結果、動作点が変更され、フィードバック制御機構5に変更された目標値が引き渡される。さらに、フィードバック制御機構5は、セットアップ制御系により変更された新しい目標値のもとに、管理機構500から渡されたフィードバック制御系の新しい制御方式と、その制御パラメータをもとに制御を実施する。

【0022】次に、以上に説明した構成の制御装置の簡単な動作例を例題を用いて説明する。図14(a)は第iスタンドの電動機温度のトレンドを表しており、これはニューラルネットワーク21に入力され、温度変化の

予測が行われる。このときの圧延機の各スタンドの圧下率の一例が図14(b)に示されている。この圧下率は、セットアップを決定するのに必要な制約条件であり、経験的に決定される。ニューラルネットワーク21の電動機温度予測値が、図14(c)に示すように温度限界の $\theta_{max}$ を $t_i$ 時間で越えたとすると、その結果プロダクション推論28が起動される。このときプロダクションルールの前件部38(図5)が満足されるため、図6のステップ110、120、130、140、160、170、180を介して結論、即ち当該スタンドの圧下率を下げるという結論が出力される。それと同時に図5の付属情報の、セットアップ制御系を起動、という情報を用い、統括機構10で図14(d)に×印で示したような圧下率を設定する。これは第 $i$ スタンドの圧下率を上昇させ、他のスタンドの圧下率を下降させるものである。この設定された圧下率を目標としてフィードバック制御が行われ、電動機の温度上昇が防げ、機器の信頼性が向上する。

【0023】次に図15を用いてファジィ制御の動作例を示す。圧延荷重の値 $\alpha_1$ が関数器93に入力される。この関数器93は、図9のファジィルール33の前件部81内のルール84に相当する処理で、出力値である確信度は $\beta_1$ である。同様に先進率が負であるというルール85は、図15の関数器95で表現されており、先進率の値 $\alpha_2$ が入力されると、出力は $\beta_2$ となる。個別の結論部処理91はミニマックス処理で、 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ の小さい方の値 $\beta_1$ が選択される。このときの結論に対する重みは $\delta_1$ に設定されているとする。結論部合成部92は、他の結論とそれに対する重み $\delta_2$ 、 $\dots$ 、 $\delta_n$ から(数1)にしたがって $\delta$ という結論を導く。この結論の確信度の値がこのルールを適用する度合であり、図9のファジィルールから結論はスリップが発生する可能性が高く、張力設定値及びATR(張力制御)のゲインを低下しなさいとの結論が得られる。この結論を受けて、統括制御10は、セットアップ制御6に張力設定値を下げる指令を与え、又フィードバック制御系5のゲインを下げる。こうして制御のアンバランスで生じる可能性のあるスリップを防止でき、良好な制御性を維持できる。

【0024】図16はフレーム推論の例を示すもので、電動機制御器内のGTO電流がセンサ2を介して推論機構23へ入力されている。圧延機のアクチュエータである電動機の要素のGTO1の電流値が $i_{max}$ を越えたという入力が発生したとすると、図8のフレーム推論30によりフレーム31が参照されながら推論が実行される。即ち、圧延機のアクチュエータの電動機が一致し、その値であるポイントから電動機のフレームが起動され、さらにGTO1の電流値と一致することにより、その電流値が $i_{max}$ を越えているので、故障で非常停止という結論を得る。その結果、統括機構10が緊急停止処理を実行し、GTO1の電流は図17のように停止さ

れ、圧延機が非常停止とされる。その結果、GTOのように壊れ易く、高価な装置を破壊から防ぐことができる。

【0025】次に、診断機構による診断結果により制御方式が変更される例を説明する。図18は、図13の統括機構10内に格納されたデータベース501の一例を示しており、制御対象は圧延機である。ここで、番号は図13で述べたように診断結果を表しており、例えば診断結果“3”はパラメータ変動が大きく、制御モデルが外れる可能性が高い場合で、このときはゲージメータ式に無駄時間を考慮したモデルが必要で、制御方式としてはSmith-AGC(Automatic Gauge Control)を適用すべきであることを示している。また診断結果“4”は、パラメータの変動が小さく、モデルがよい制度で求められる場合で、モデルとしては状態方程式、パラメータは“4”、制御方式は最適サーボ制御を採用すべきであることを示している。

【0026】1つの動作例として、板厚 $h$ 、ロール間隔 $s$ を横軸に、荷重を縦軸にとった荷重曲線として、被圧延材の仕様から図19の実線510が当初推定されたとする。また、被圧延材とロールをばね系として求めた直線511(ゲージメータ式)が動作点となり、その時のロールの出側板厚が $h_0$ 、荷重が $P_0$ 、横軸とゲージメータ式の交点 $S_0$ がその時のロールギャップの設定値で、荷重曲線510と横軸の交点 $H_0$ が母材(ロールの入側)板厚である。ところで、圧延機の荷重曲線510は、ロール温度、被圧延材の温度、圧延油の濃度、ロールの摩耗状態などの不確定要因で変化するから、荷重曲線は1点鎖線の間に囲まれた斜線部分内で変動する。このように、データの変動が大きいと、診断機構8は診断結果“3”を出力する。

【0027】この結果を受けて管理機構500は、図22に示すモデルと制御機構とパラメータのセットを出力する。ここで、圧延現象513、514、515は圧延機のモデルを示し、ゲージメータ式と荷重曲線をまとめて表したものである。このうちブロック513はロールギャップ偏差を荷重偏差に変換する変換係数、ブロック514は荷重偏差を板厚に換算するばね定数、 $K$ は前記ゲージメータ式511の傾きを表すパラメータ、 $M$ は荷重曲線510とゲージメータ式511の交点512における荷重曲線の接線の傾きを示している。油圧圧下装置の等価遅れを表す一時遅れ系516と、油圧圧下装置の位置を表す積分器517が、アクチュエータであるところの油圧圧下装置の等価回路であり、これは直線フィードバックに相当する。ブロック518は、荷重を圧下指令にフィードバックするゲージメータ式AGCのフィードバック経路である。ブロック519は、ロールギャップ偏差の実際値 $\Delta S$ 、計測器の誤差 $\Delta S_i$ とを加算し、ロールギャップ計測値 $\Delta S_a$ を求める演算子である。荷重をばね定数で割った値(ブロック520出力)と前記

ロールギャップ計測値 $\Delta S_g$ を加算器521で加算して求めた板厚推定値 $\Delta h_g$ はフィードバックされる。板厚センサの無駄時間を表すブロック523の出力である板厚偏差計測値 $\Delta h_r$ と、板厚推定値 $\Delta h_g$ の無駄時間を補償器524で補償したものの差は、板厚推定値の偏差であり、これはフィルタ525を通して、板厚の基準値 $\Delta h_{ref}$ と比較され、モニタフィードバックを構成する。比例項526は偏差に対する応答性を向上する目的のために付加されたものであり、積分項522は計測器の誤差 $\Delta S_z$ を修正するためのものである。ブロック527は、板厚の偏差をゲージメータ式の次元に合わせるための変換係数である。このような系にすると、パラメータK、Mの値が多少ずれても、ロバストな制御が可能である。

【0028】一方、図20のようにパラメータが余りずれない場合は、制御モデルを正確に作成でき、この場合のモデルとして状態方程式を作成することで、精度のよい制御が可能となる。この場合の制御系である最適サーボ制御系を図23に示す。状態変数をロールギャップ $\Delta S$ 、ロール周速 $\Delta V_r$ 、張力偏差 $\Delta \tau$ にとり、制御量を $h$ 、 $\tau$ とすると、現代制御理論（例えば土谷武士、江上正共著「現代制御工学」p141～152、産業図書刊、1991年4月）記載による方法によって、フィードバック係数 $f_{11}$ 、 $f_{12}$ 、 $f_{13}$ 、 $f_{21}$ 、 $f_{22}$ 、 $f_{23}$ 、 $f_{e11}$ 、 $f_{e12}$ 、 $f_{e21}$ 、 $f_{e22}$ を求めることができる。この方式は、前記のsmithAGCと比較すると精度がよいことが分かるが、モデルが狂うと制御性能が大幅に劣化することが知られている。

【0029】さらに、図21のように、当初の圧延曲線設定カーブ530が斜線の領域に変化し、その破線領域の中心に位置する曲線531が求められる場合、セットアップ制御系は当初の目標値 $h_0$ を $h$ に変更して出力するようになる。その結果、フィードバック制御系の負担が軽減されることになる。この変更が行われないと、フィードバック制御系が動作点を自動的に $h_0$ から $h$ に移すことになり、その結果制御の余裕が低減してその制御性能が劣化するが、本実施例ではこれを防ぐことができる。

【0030】

【発明の効果】本発明によれば、動作点の大きく変化する圧延器のような制御対象の状態を監視することにより、その状態に応じて動作点や制御アルゴリズム、フィードバックパラメータを適宜変更でき、制御性能が向上するとともに、機器の損傷を低減できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の装置の一実施例を示すブロック図であ

る。

【図2】制御対象の例を示す図である。

【図3】診断機構の構成例を示す図である。

【図4】推論機構の例を示す図である。

【図5】プロダクションルールの例を示す図である。

【図6】プロダクション推論のフローチャートである。

【図7】フレーム知識の例を示す図である。

【図8】フレーム推論のフローチャートである。

【図9】ファジイルールの例を示す図である。

【図10】ファジイ推論処理の説明図である。

【図11】ニューラルネットワークの予測動作の学習方法の説明図である。

【図12】ニューラルネットワークの予測動作の説明図である。

【図13】統括機構の例を示す図である。

【図14】プロダクション推論の動作例を示す図である。

【図15】ファジイ推論の動作例を示す図である。

【図16】フレーム推論の動作例を示す図である。

【図17】図16の動作例におけるGTO電流の例を示す図である。

【図18】統括機構内のデータベースの例を示す図である。

【図19】圧延機の荷重曲線の変動例を示す図である。

【図20】圧延機の荷重曲線の変動例を示す図である。

【図21】圧延機の荷重曲線の変動例を示す図である。

【図22】圧延機の1つのモデル及びそのSmith-AGC方式による制御回路の例を示すブロック図である。

【図23】圧延機の1つのモデル及びその最適サーボ方式による制御回路の例を示す図である。

【符号の説明】

1 制御対象

5 フィードバック制御

6 セットアップ制御

8 診断機構

10 統括機構

21 ニューラルネットワーク

23 推論機構

24 知識ベース

28 プロダクション推論

29 プロダクションルール

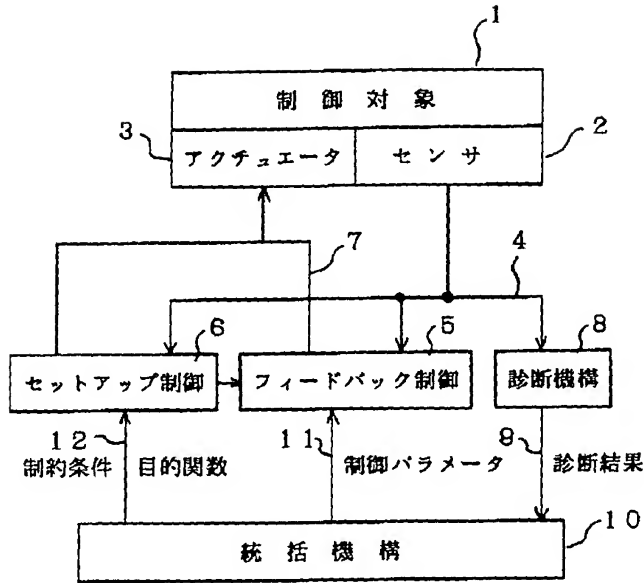
30 フレーム推論

31 フレーム

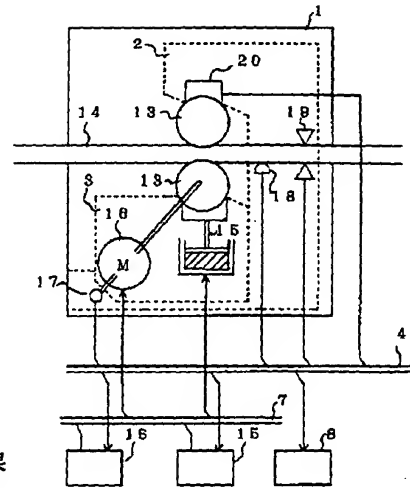
32 ファジイ推論

33 ファジイルール

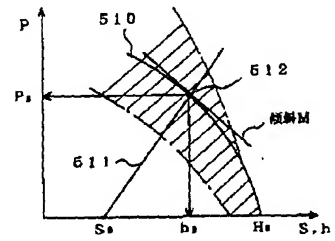
【図1】



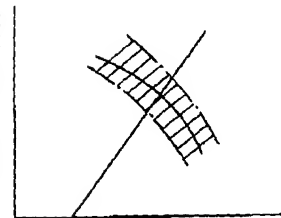
【図2】



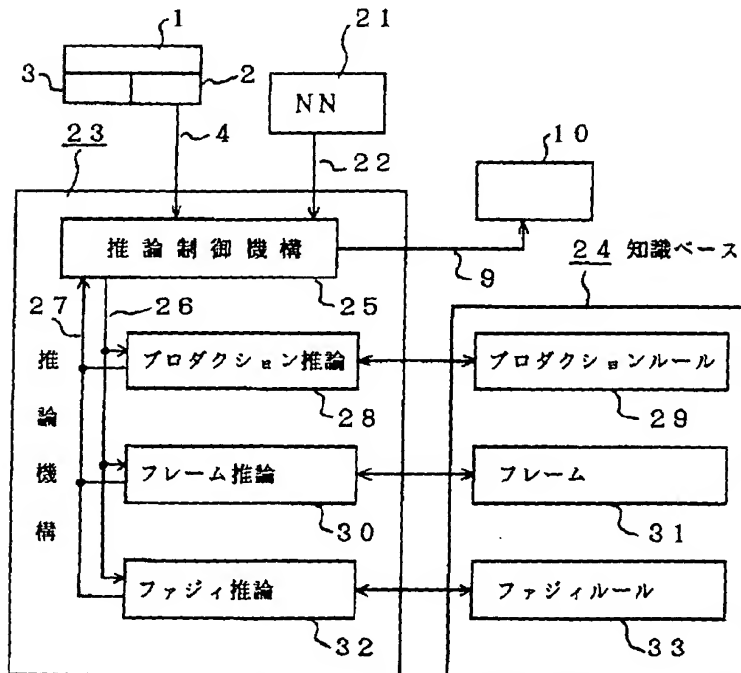
【図19】



【図20】

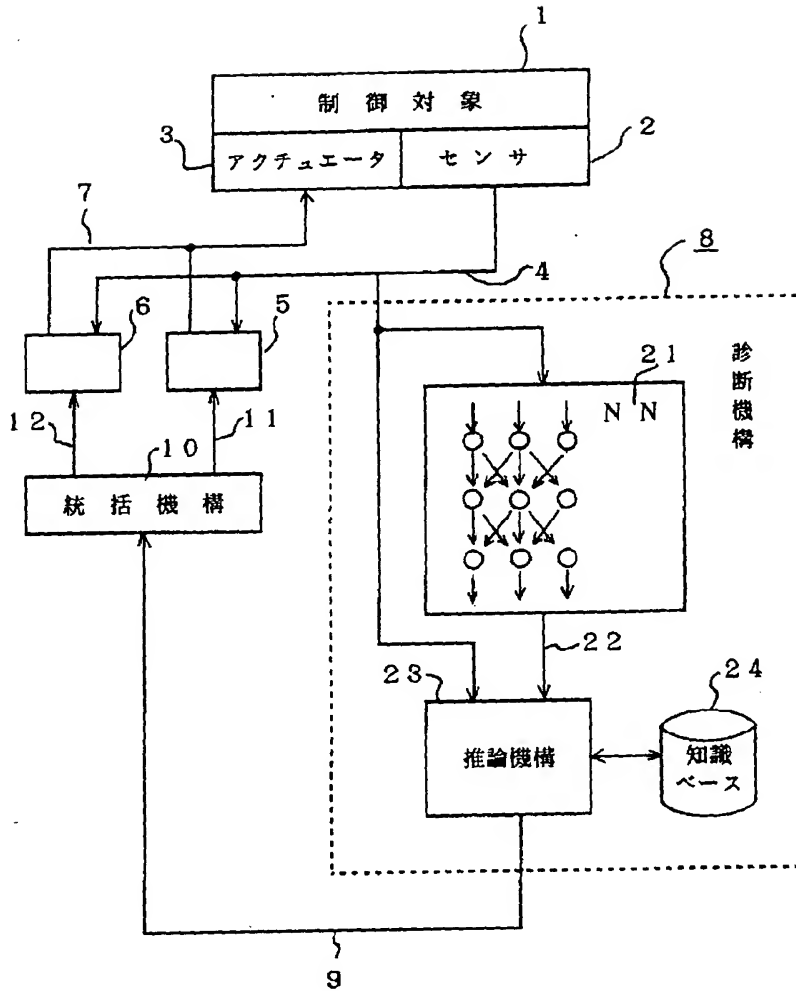


【図4】

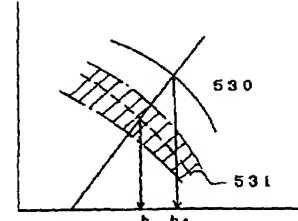




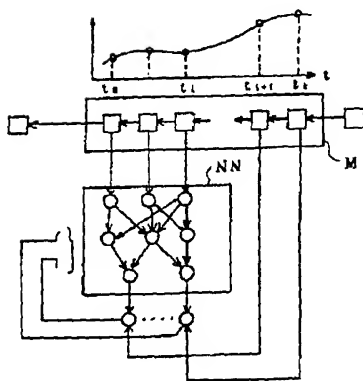
【図3】



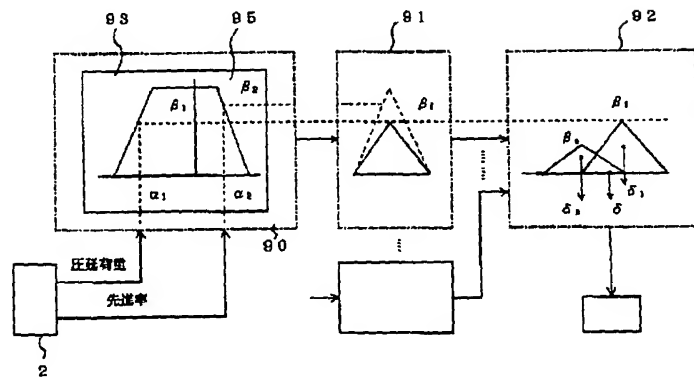
【図21】



【図11】



【図15】



【図5】

29プロダクションルール

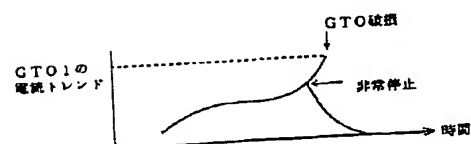
34 前件部	35 結論部	36 終端	37 その他の情報
38 電動機温度が上限値を超えるならば	当該スタンドの圧下率を上げる	1	セットアップ制御系を起動

【図9】

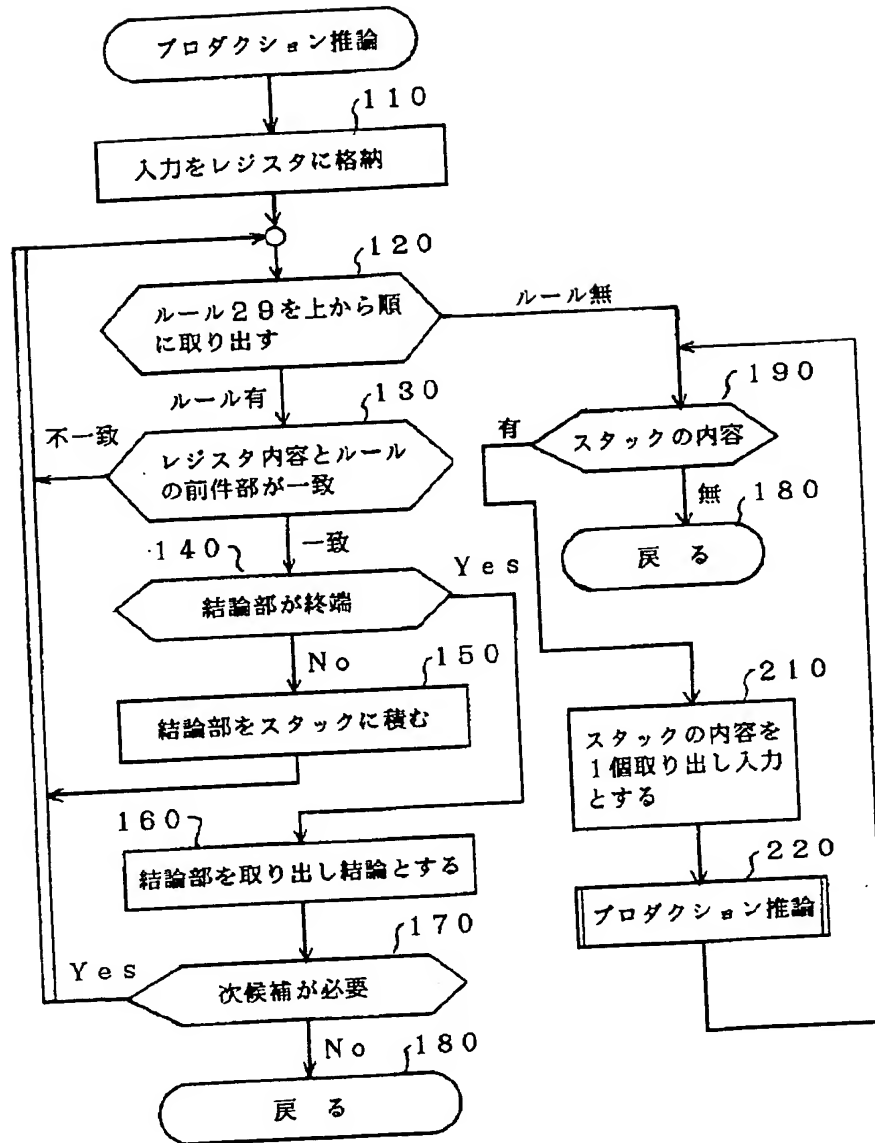
33フェジールール

81 前件部	82 結論部	83 その他の情報
圧延荷重が小さく、 先進率が負である	スリップ発生	DDC制御系の張力設定値を低下させる

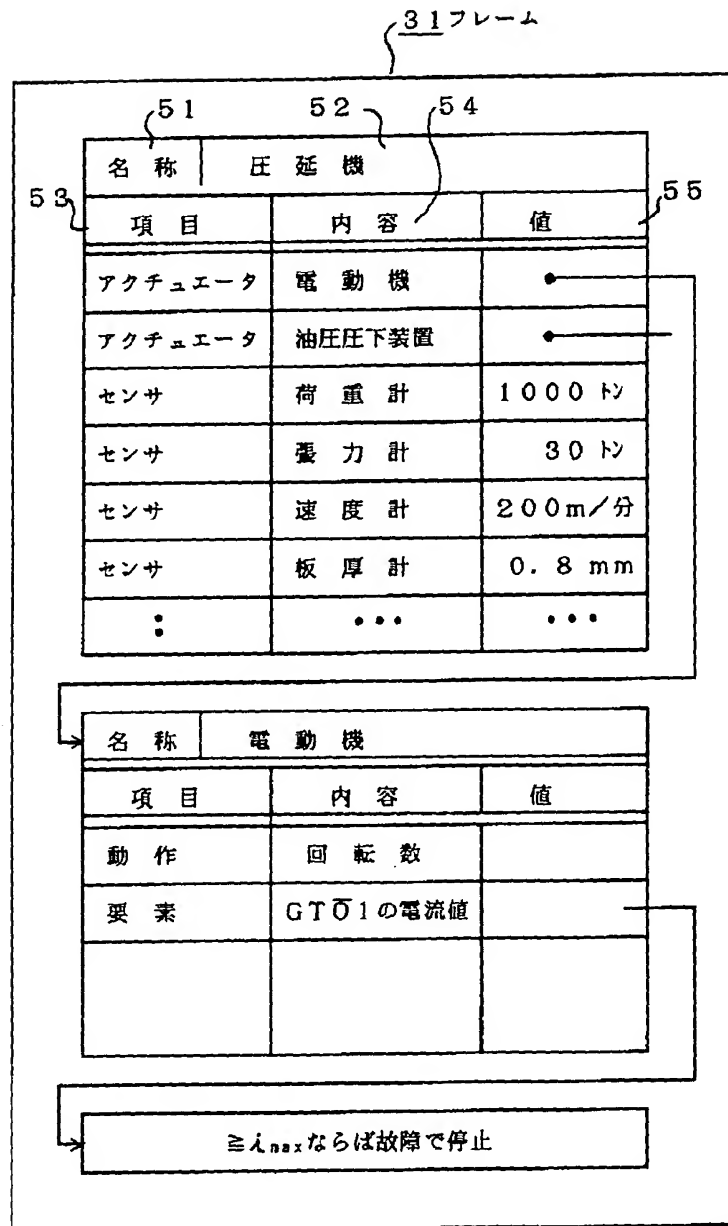
【図17】



【図6】

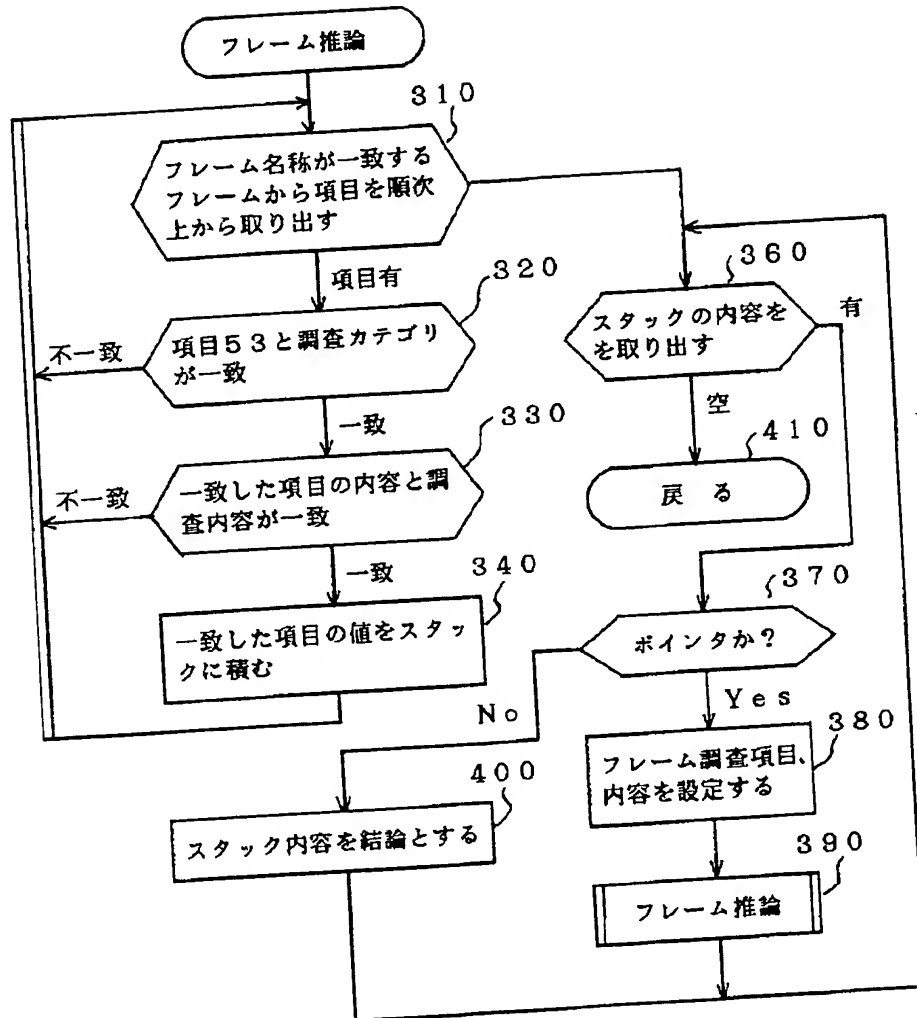


【図7】

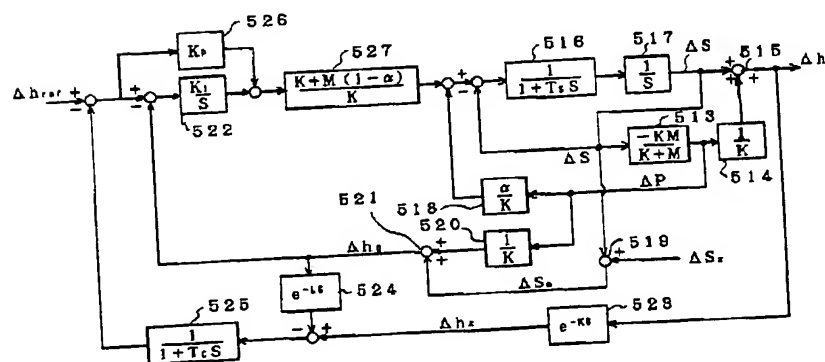


(12)

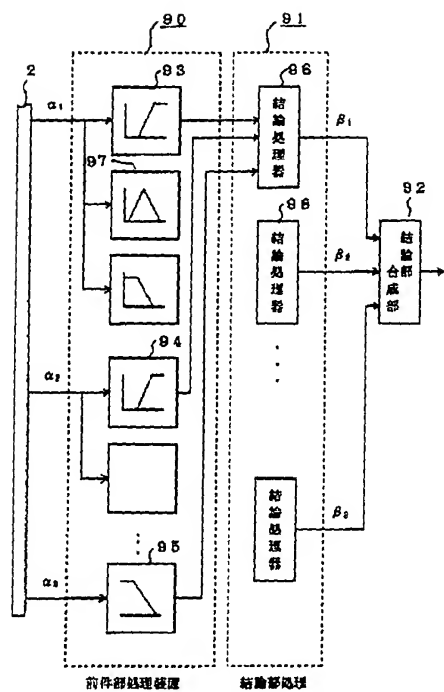
【図8】



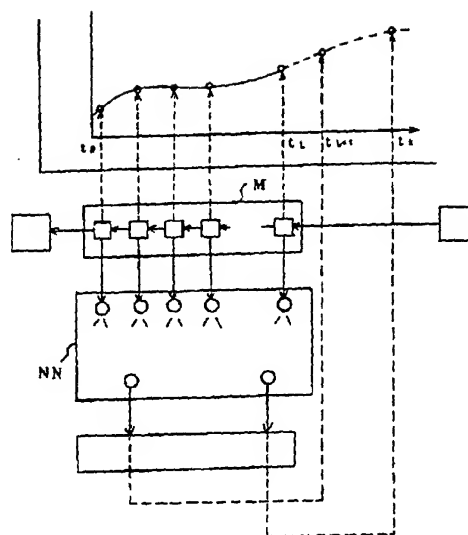
【図22】



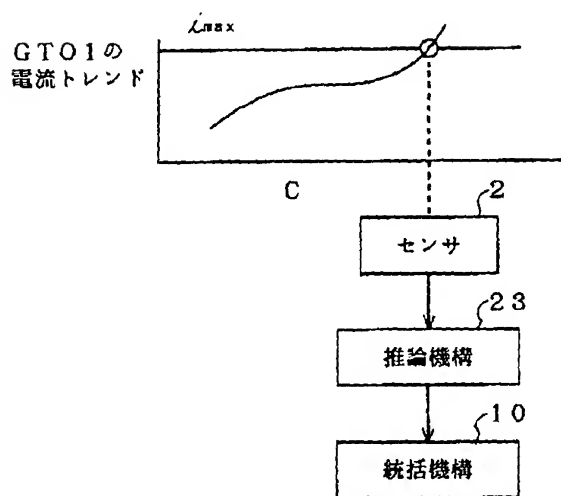
【図10】



【図12】

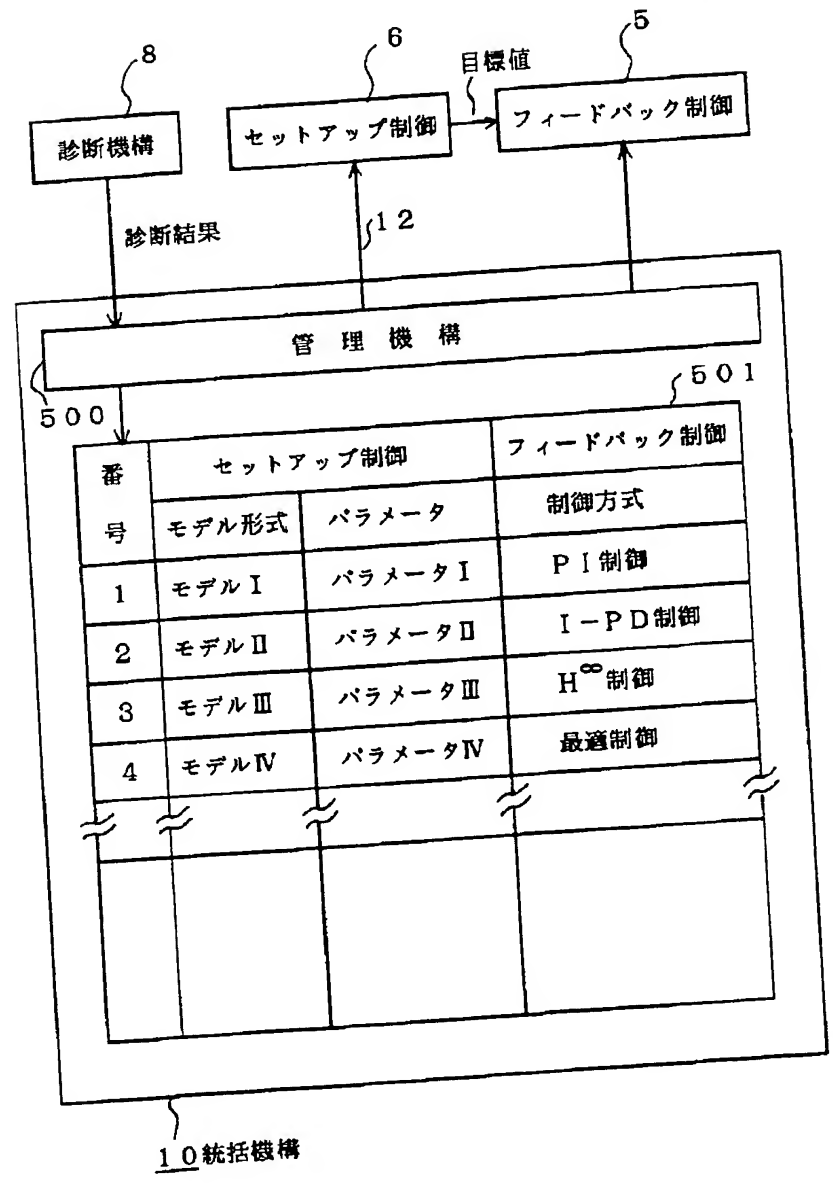


【図16】



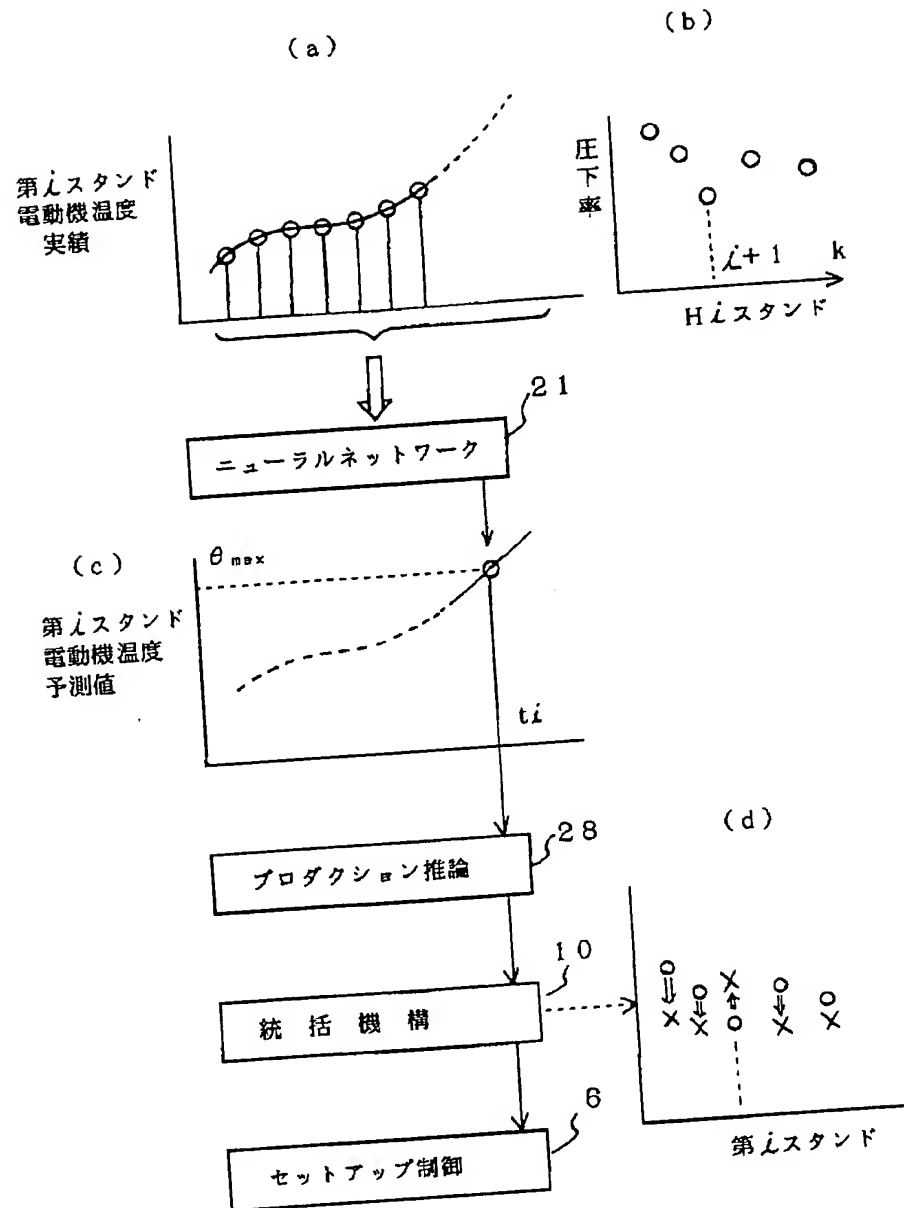
(14)

【図13】



(15)

【図14】





【図18】

番号	セットアップ制御		フィードバック制御
	モデル形式	パラメータ	制御形式
1	積分+比例	パラメータ 1	直結フィードバック
2	ゲージメータ式	パラメータ 2	BISRA-AGC
3	ゲージメータ式+無駄時間	パラメータ 3	Smith-AGC
4	状態方程式	パラメータ 4	最適サーボ
5		パラメータ 5	最適予見サーボ
≈ ≈ ≈ ≈ ≈			
i	張 力 式	パラメータ i	ATL (自動張力制限)
i+1		パラメータ i+1	ATR (自動張力一定制御)
≈ ≈ ≈ ≈ ≈			
k	一次遅れモデル	パラメータ k	PID 制御
k+1			

(72)発明者	中島 正明 茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株 式会社日立製作所大みか工場内
(72)発明者	片山 恭紀 茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株 式会社日立情報制御システム内

(72)発明者 渡引 高重  
茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株  
式会社日立情報制御システム内

-17-